

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) **公開特許公報 (A)**

(11)特許出願公開番号

特開平10-265918

(43)公開日 平成10年(1998)10月6日

(51)Int.Cl.⁶

C 22 C 45/08
21/00

識別記号

F I

C 22 C 45/08
21/00

N

審査請求 未請求 請求項の数4 O.L (全7頁)

(21)出願番号

特願平9-75311

(22)出願日

平成9年(1997)3月27日

(71)出願人 000222093

東洋アルミニウム株式会社
大阪府大阪市中央区久太郎町3丁目6番8号

(72)発明者 横江 一彦

大阪府大阪市中央区久太郎町3丁目6番8号 東洋アルミニウム株式会社内

(72)発明者 横手 隆昌

大阪府大阪市中央区久太郎町3丁目6番8号 東洋アルミニウム株式会社内

(74)代理人 弁理士 三枝 英二 (外4名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アルミニウム合金

(57)【要約】

【課題】成形性・加工性に優れ、かつ、工業的規模での生産に適したアルミニウム合金を提供することを主な目的とする。

【解決手段】アルミニウムをベースとする合金であって、(1) Fe: 2~7重量%、Cr: 2~12重量%及びNi: 1~10重量% (但し、7重量%≤Fe+Cr+Ni≤15重量%)を含有し、(2)合金組織の少なくとも一部が準結晶であり、(3)シャルピー衝撃値が2J/cm²以上であることを特徴とするアルミニウム合金。

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】アルミニウムをベースとする合金であって、(1) Fe: 2~7重量%、Cr: 2~12重量%及びNi: 1~10重量% (但し、7重量%≤Fe+Cr+Ni≤15重量%) を含有し、(2) 合金組織の少なくとも一部が準結晶であり、(3) シャルピー衝撃値が2J/cm²以上であることを特徴とするアルミニウム合金。

【請求項2】アルミニウムをベースとする合金であって、(1) Fe: 2~7重量%、Cr: 2~12重量%、Ni: 1~10重量%及びZr: 0.01~2.5重量% (但し、7重量%≤Fe+Cr+Ni+Zr≤15重量%) を含有し、(2) 合金組織の少なくとも一部が準結晶であり、(3) シャルピー衝撃値が2J/cm²以上であることを特徴とするアルミニウム合金。

【請求項3】準結晶のサイズが0.2μm以下である請求項1又は2に記載のアルミニウム合金。

【請求項4】準結晶の体積分率が0.1~20体積%である請求項1又は2に記載のアルミニウム合金。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アルミニウム合金に関する。

【0002】

【従来技術】アルミニウム合金は、軽量性、熱伝導性、比強度等において優れた特性を有し、航空機、自動車、オートバイその他機械部品に幅広く用いられている。特に、近年では、高強度で耐熱性に優れたアルミニウム合金又はその複合材料が数多く開発されている。

【0003】しかし、これらの材料は、冷間加工性のみならず熱間加工性も非常に悪く、既存の押出機、鍛造機等で成形できないことが多い。また、たとえ成形できたとしてもクラック、ビビリ等の欠陥を避けることは困難である。たとえ健全に成形され、これらの欠陥がなかったとしても、成形品の室温における韌性自体が不十分である。このため、得られた成形品にさらに冷間加工を加えることはきわめて困難である。

【0004】これに関し、高強度・耐熱性アルミニウム合金として、アルミニウム粉末にウィスカーやセラミック粒子等を分散させた複合材、メカニカルアロイング法、超急速冷却法等によるアモルファス(非晶質)合金、アルミニウム基金属間化合物等も開発されているが、これら技術による合金も上記に示す問題点のほか、製造工程の複雑さ、製造コストの高さ等から工業的規模での生産に適しているとは言い難い。

【0005】具体的には、上記のウィスカーやセラミック粒子等を分散強化材とする複合材では、その分散材となるウィスカーやセラミック粒子等が高価であり、また分散させる工程にも手間を要し、しかもその評価も容易でない。さらに、強化すればするほど韌性に乏しくなり、成形性も低下してしまう。

2

【0006】メカニカルアロイング法においては、少量の粉末をボールミル内で長時間処理しなければならないので著しく生産性が低く、また処理中において酸素等がピックアップされる結果、次第に韌性が低下していく。しかも、得られる粉末には、転位が多数存在して加工硬化しており、これが成形性を妨げる原因となる。

【0007】超急速冷却法によるアモルファス合金粉末では、急冷するための装置及びそれに用いる高压ガスが高価である。また、アモルファス形成元素として高価なイットリウム、セリウム等のレアメタルも必要である。さらに、得られる合金粉末は、結晶化温度以下では変形しにくいため、容易に成形することができない。

【0008】他方、アモルファスを利用する技術として特開平3-267355号公報に開示された方法もあるが、Cr: 17.6重量%以上の含有量を必要とするため、延性の低下が避けられない。また、Crによる重量増加、アモルファス化等の煩雑な処理、結晶化温度以下の成形性の問題等なお改善すべき点が多い。

【0009】

【0010】
【発明が解決しようとする課題】従って、本発明は、特に、成形性・加工性に優れ、かつ、工業的規模での生産に適したアルミニウム合金を提供することを主な目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者は、これら従来技術の問題に鑑みて鋭意研究を重ねた結果、特定組成及び構造を有するアルミニウム合金が上記目的を達成できることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0011】すなわち、本発明は、アルミニウムをベースとする合金であって、(1) Fe: 2~7重量%、Cr: 2~12重量%及びNi: 1~10重量% (但し、7重量%≤Fe+Cr+Ni≤15重量%) を含有し、(2) 合金組織の少なくとも一部が準結晶であり、(3) シャルピー衝撃値が2J/cm²以上であることを特徴とするアルミニウム合金に係るものである。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明をその実施の形態とともに説明する。

【0013】まず、本発明アルミニウム合金における各成分について説明する。但し、本発明アルミニウム合金の各成分は互いに作用し合うものであるため、各成分の限定理由を個別に論ずるのは必ずしも適当でなく、一般的な理由として説明する。

【0014】Feは、主として本発明アルミニウム合金中で形成される準結晶(A1-Cr-Fe(例えばA1₈₀Cr_{13.5}Fe_{6.5})系の準結晶等)を構成するために必須の成分であり、通常は2~7重量%程度、好ましくは2.5~5重量%とする。準結晶を構成しないFe原子は、A₁₃Fe、A₁₉FeNi等を形成し、これらは耐熱性等の向上に寄与する。しかし、上記含有量が7重

量%を超えると $A1_3Fe$ 、 $A1_9FeNi$ 等が粗大化しやすく、韌延性の低下を招くおそれがある。

【0015】Crは、主として Fe と同様に本発明アルミニウム合金中における準結晶相を構成するために必要な成分であり、通常 2~1.2 重量%程度、好ましくは 3~6 重量%とすれば良い。上記含有量が 1.2 重量%を超えると延性が低下し、破断伸びがほとんどなくなるおそれがある。準結晶を構成しない Cr 原子は、 $A1_{13}Cr_2$ 等を形成する結果、耐熱性等の向上に寄与する。

【0016】Ni は、主として上記 $A1_{80}Cr_{13.5}Fe_{6.5}$ 系の準結晶等に置換型固溶しており、準結晶の強化、安定性等の向上に寄与する。含有量は、通常 1~1.0 重量%程度、好ましくは 2~6 重量%とすれば良い。準結晶を構成しない Ni 原子は、例えば $A1_3Ni$ 、 $A1_9FeNi$ 等の化合物、あるいは $A1$ との共晶組織等を形成する。Ni 含有量が 1.0 重量%を超えると、上記化合物等が粗大化しやすくなり、韌延性が低下するおそれがある。

【0017】また、本発明アルミニウム合金では、Zr をさらに含有する態様も包含する。Zr は、一定量の範囲内では $A1$ マトリックス内に固溶し、固溶強化に寄与することができる。また、 $A1$ 中の Zr は拡散係数が低いので、高温でも固溶状態は比較的安定である。かかる見地から、Zr 含有量は通常 0.01~2.5 重量%程度、好ましくは 0.1~1 重量%とすれば良い。また、このように他の成分に比べて少量であっても Zr は組織の微細化にも有効である。Zr 含有量が 2.5 重量%を超えると、 $A1_3Zr$ 等の化合物が晶出し、韌延性が低下するおそれがある。しかも、この場合には合金の融点が高くなり、且つ、溶湯の粘度が高くなるおそれがある。

【0018】さらに、本発明アルミニウム合金では、上記元素以外にも、室温強度、高温強度等を向上させる目的に応じて Mg、Si、Cu、Mn、V、Ti、Mo 等の少なくとも 1 種をそれぞれ 0.01~3 重量%の範囲内で添加することもできる。

【0019】これらの添加量が 3 重量%を超えると、次のように各元素によって異なる問題が生じるおそれがある。V、Ti、Mo 及び Mn の場合では粗大な化合物を生じ、著しく延性が低下するおそれがある。また、特に Si の場合では、単独で晶出或いは析出し、破壊韌性が低下するおそれがある。さらに、Mg 及び Cu の場合は、室温から 200°C 付近までの強度に寄与する元素であって熱間加工性を改善する働きがある一方で、Cu は Fe、A1 等と化合物を生じやすく、また Mg は酸化物を形成する確率が高くなる。これら Mg 等の元素の合計添加量は、成形性及び韌性の観点から 5 重量%以下、特に 0.01~3 重量%とすることが好ましい。

【0020】なお、本発明では、上記成分以外の他の成分であっても、本発明の効果を損なわない範囲内で含ま

れていても差し支えない。

【0021】本発明アルミニウム合金では、その組織の少なくとも一部が準結晶により構成されている。準結晶とは、アモルファス（非晶質）と通常の結晶との中間的な構造を有し、例えば $A1-Cr$ 合金、 $A1-Mn$ 合金、 $A1-Cu-X$ (X は Fe、Mn、Li 等) 合金等においても確認されている。その結晶構造の特徴としては、20 面体のようなら回軸をもつ原子配列からなり、電子線回折では 5 回或いは 10 回対称の回折像を示す。

10 また、X 線回折においては、特有のピークを呈する。本発明アルミニウム合金では、 $A1-Cr-Fe$ 系の準結晶と同一又は類似の準結晶を含む。そして、この準結晶が、特に、韌延性の大幅な低下を伴わずに高温強度等の向上に寄与する。

【0022】本発明アルミニウム合金中における準結晶サイズは通常 0.2 μm 以下であり、より好ましくは 0.05~0.1 μm である。準結晶サイズが 0.2 μm を上回る場合には所望の特性（加工性、成形性等）が得られなくなる。

20 【0023】また、その体積分率は通常 0.1~2.0 体積%程度、好ましくは 1~10 体積%である。体積分率が 0.1 体積%未満の場合は、所望の強度、耐熱性等を得ることができない。2.0 体積%を超える場合には、相対的にマトリックスのすべり面が少なくなり、加工性、成形性等が低下する。なお、体積分率は、例えば顕微鏡写真より求めることができる。

【0024】本発明アルミニウム合金は、そのシャルピー衝撃値が $2 J/cm^2$ 以上、好ましくは $2.3 J/cm^2$ 以上である。シャルピー衝撃値が高いほど韌延性、成形性等に優れていると言える。本発明におけるシャルピー衝撃値の測定方法は、後記の実施例に示す。

30 【0025】本発明アルミニウム合金の製造方法は、例えば所望量の準結晶を形成させるという観点から、急冷凝固法が適しており、例えばアトマイズ法、急冷ロール法、回転円盤法、噴霧ドラム法等が挙げられ、特にアトマイズ法が好ましい。

【0026】冷却速度は、通常 $10^2~10^6°C/sec$ 程度、好ましくは $10^3~10^5°C/sec$ とすれば良い。冷却速度が $10^2°C/sec$ 未満の場合は、所望の準結晶が得られないばかりでなく、粗大な金属間化合物が晶出し、韌延性・成形性が著しく低下するおそれがある。また、 $10^6°C/sec$ を超える場合は、準結晶の存在比が多くなりすぎ、マトリックス内の転位の運動が妨げられ、やはり韌延性・成形性が低下するおそれがある。

40 【0027】粉末の粒度分布は、通常 5~45 μm 程度のものが粉末全体の 80 重量%以上に調整することが望ましい。45 μm を超える粉末が多くなりすぎると所望の冷却速度が得にくくなる。また、5 μm 未満の粉末が多くなると酸化物（酸素量）が多くなり、韌延性の低

下、成形不良等を招く。

【0028】噴霧媒及び噴霧霧囲気は、最終製品の用途等に応じて適宜決定すれば良く、例えば大気、不活性ガス、或いはこれらの混合ガス等のいずれであっても良い。例えば、酸素量を制限する場合は、必要に応じて不活性ガスを導入すれば良い。

【0029】得られた粉末は、必要に応じて分級を行う。分級方法は、フルイ等による公知の粉末の分級方法に従えば良い。粗大な粉末粒子は、例えば準結晶が形成されていないもの、粗大な晶出物を生成しているもの等が含まれる可能性が高く、分級によってこれらの粉末粒子を予め取り除くことが好ましい。粉末の粒度は、通常 $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $45\text{ }\mu\text{m}$ 以下のものを本発明アルミニウム合金として採用すれば良い。粉末の形状は、特に制限されず、例えば真球状、回転楕円体状、不定形状、涙滴状、扁平状等のいずれの形状であっても良い。

【0030】本発明アルミニウム合金の粉末をさらに圧化成形する場合は、工業的に実施されている公知の成形方法をいずれも採用できる。例えば、必要に応じて CIP 又は冷間プレスで予備成形を行い、その後に熱間押し出し、熱間粉末鍛造、ホットプレス、HIP 等で成形・焼結すれば良い。これらの中でも、熱間粉末鍛造による方法が工業生産上好ましい。

【0031】通常、熱間押し出し等により得られた押し出し材は、押し出し方向とそれに垂直な方向との異方性が生じやすく、強度・韌延性等において両者の間で $10\sim20\%$ 程度の差が生じることがある。これに対し、熱間粉末鍛造の場合は、かかる異方性があったとしても上記差は通常 5% 以下である。また、歩留まりについても、押し出し材は通常 70% 前後であるのに対し、熱間粉末鍛造の場合はニアネットシェイプであるため通常 98% 以上である。また、押し出し用のビレットは大型のものが多く、その加熱に長時間を要することが多い。その点、熱間粉末鍛造の場合は、ニアネットシェイプであるため必要最小限の大きさで良く、加熱に要する時間も少なくて済む。

【0032】本発明アルミニウム合金は、広い温度範囲にわたって良好な延性を有するため、複雑な形状の部品であっても熱間粉末鍛造によって製造可能であり、また準結晶から粗大な化合物の生成を防止するという意味でも加熱時間の短い熱間粉末鍛造法が好ましい。一方、単純な形状の製品（例えば、棒状、パイプ状等）の場合は、装置、金型等の設備面で押し出しの方が有利な場合もある。従って、本発明アルミニウム合金においては、最終製品の形状等に応じて適宜成形方法を選択すれば良い。

【0033】本発明アルミニウム合金は、大気中での熱間成形が可能であるが、用途等により酸素量が問題であれば、必要に応じて脱ガス工程、不活性ガス中の処理

等を行っても良い。また、本発明アルミニウム合金は、室温での変形能も有するので、冷間鍛造、プレス等により歪み等の矯正やかしめ、機械加工等の複雑加工も容易に実施できる。

【0034】

【発明の効果】本発明アルミニウム合金は、その合金組織内の準結晶相及び結晶質金属間化合物が主として耐熱性の向上に寄与する。特に、準結晶相は、組織内に微細かつ均一に分散しており、加工又は成形温度でも安定しているので、粗大化又は相変態による特性の劣化を生じない。また、マトリックス中に変形抵抗となるものが比較的少なく、熱間成形性に優れ、その後の冷間加工性も良好である。さらに、室温での韌性に優れる。

【0035】より具体的には、本発明アルミニウム合金は、常温から約 300°C の高温に至る広い温度範囲内で優れた強度と延性を併せもつ。また、成形性にも優れ、合金内に生じた準結晶相も安定であるので、その諸特性を維持したまま加工・熱処理できるという利点を有する。また、室温での韌性にも優れることから、種々の加工が可能であり、各種用途における材料としての信頼性が高い。

【0036】このような特長をもつ本発明アルミニウム合金は、構造用材料、機械材料、輸送機械部材等に幅広く利用することができる。

【0037】

【実施例】以下、実施例及び比較例を示し、本発明の特徴とするところをより一層明確にする。

【0038】実施例1

表1に示す組成の合金溶湯を調製し、アトマイズ法により粉化した。得られた粉末を $-45\text{ }\mu\text{m}$ に分級し、直径 $30\text{ mm} \times$ 高さ $\text{約 } 80\text{ mm}$ のビレットに冷間予備成形した。その後、 350°C で 30 分加熱し、同温度で押出比 10 で押し出した。

【0039】得られた押し出し棒から引張試験片を作製し、室温、 200°C 及び 300°C の各温度で 100 時間保持した後、同温度で引張試験を行った。それらの結果を表1～3に示す。また、室温におけるシャルピー試験を行った。シャルピー試験は、JIS Z 2242 に準拠して行った。なお、シャルピー試験片には断面が $\text{約 } 7\text{ mm} \times 11\text{ mm}$ である長方形の押し出し材から JIS 3 号試験片の $1/2$ 幅サイズで U ノッチ付きのものを切り出して用いた。その結果を表1に示す。

【0040】また、熱間成形／加工性の指標として、限界据込率を測定した。一般に、この値が大きいほど変形能に優れる。その結果も表1に示す。なお、限界据込率の測定方法は、まず上記押し出し棒から $\text{約 } 10 \times 15\text{ mm}$ のテストピースを切り出し、各 10 個用意し、各テストピースを円柱状の金型間に挟持し、 450°C で鍛造速度 70 mm/s により据込率を変えて限界据込率 E_{hC} (%) を下記式に従って求めた。

【0041】 $EhC = (h_0 - h_c) \times 100 / h_0$
 (但し、 h_0 ：変形前の試料の高さ (15mm)、 h_c ：変形後の試料の高さ)

*【0042】
 【表1】

室温	引張強度 MPa	0.2% 耐力 MPa	伸 び %	*シャル-値			限界据込率 %	軽量の強度 vol%
				J / cm ²	%	kg/mm ²		
1Fe-1Ni-2Cr	358.6	254.1	23.8	24.35	88.0	0	比較例	
2Fe-2Ni-3Cr	438.9	326.5	20.3	9.22	79.4	1.9	実施例	
3Fe-3Ni	354.5	306.4	14.1	8.36	80.3	0	比較例	
3Fe-3Ni-3Cr	439.1	414.9	8.8	4.48	76.8	7.2	実施例	
3Fe-3Ni-4.5Cr	483.0	419.8	4.6	2.39	75.5	11.5	実施例	
5Fe-5Ni-6Cr	523.8	--	0.1	1.80	59.5	21.0	比較例	
3Fe-3Ni-3Cr-0.7Zr	478.8	419.4	10.9	3.97	74.6	6.7	実施例	
8Fe-3Ni-3Cr	501.2	488.7	0.4	1.91	62.2	12.3	比較例	

【0043】

【表2】

200°C	引張強度 MPa	0.2% 耐力 MPa	伸 び %	*シャル-値		
				J / cm ²	%	kg/mm ²
1Fe-1Ni-2Cr	219.3	173.3	16.2			
2Fe-2Ni-3Cr	275.1	215.2	14.4			
3Fe-3Ni	214.7	197.6	12.1			
3Fe-3Ni-3Cr	301.3	274.6	6.6			
3Fe-3Ni-4.5Cr	338.5	310.0	5.0			
5Fe-5Ni-6Cr	458.7	382.6	1.7			
3Fe-3Ni-3Cr-0.7Zr	318.9	291.2	8.6			
8Fe-3Ni-3Cr	324.0	303.7	3.9			

【0044】

30

【表3】

300°C	引張強度 MPa	0.2% 耐力 MPa	伸 び %	*シャル-値		
				J / cm ²	%	kg/mm ²
1Fe-1Ni-2Cr	168.0	147.3	10.8			
2Fe-2Ni-3Cr	202.4	170.1	20.0			
3Fe-3Ni	139.4	124.4	23.6			
3Fe-3Ni-3Cr	215.1	188.2	12.4			
3Fe-3Ni-4.5Cr	233.3	205.7	8.9			
5Fe-5Ni-6Cr	323.4	217.2	4.7			
3Fe-3Ni-3Cr-0.7Zr	234.5	218.8	10.7			
8Fe-3Ni-3Cr	291.6	262.1	4.5			

※

※【0045】実施例2

実施例1で得られた原料粉末を用い、冷間プレスでφ59×50mm (H) に予備成形したものをφ61の金型内で熱間鍛造 (鍛造温度: 350°C、保持時間: 15分) を行った。得られた鍛造体から各試験片を作製し、実施例1と同様の試験を行った。それらの結果を表4～6に示す。

【0046】

【表4】

9 室温	引張強度 MPa	0.2%耐力 MPa	伸び %	シャルビー衝撃 J/cm ²	限界押込率 %	10 融解法	
						実施例	比較例
1Fe-1Ni-2Cr	364.9	262.2	24.1	26.44	88.5	0	比較例
2Fe-2Ni-3Cr	444.7	336.0	21.4	9.59	80.8	2.0	実施例
3Fe-3Ni	365.6	312.5	14.8	8.82	81.4	0	比較例
3Fe-3Ni-3Cr	442.2	423.6	9.3	4.68	77.1	7.2	実施例
3Fe-3Ni-4.5Cr	495.8	433.4	4.9	2.40	76.1	12.2	実施例
5Fe-5Ni-6Cr	541.9	--	0.1	1.76	57.7	22.5	比較例
3Fe-3Ni-3Cr-0.7Zr	483.5	423.4	11.8	4.11	75.6	6.9	実施例
8Fe-3Ni-3Cr	512.6	493.0	0.3	1.82	61.8	18.4	比較例

【0047】

【表5】

200°C	引張強度 MPa	0.2%耐力 MPa	伸び %	20	
				実施例	比較例
1Fe-1Ni-2Cr	220.9	174.1	16.6		
2Fe-2Ni-3Cr	288.3	224.4	15.0		
3Fe-3Ni	225.5	199.7	12.9		
3Fe-3Ni-3Cr	321.6	283.3	6.8		
3Fe-3Ni-4.5Cr	343.5	314.1	5.5		
5Fe-5Ni-6Cr	458.9	383.5	2.0		
3Fe-3Ni-3Cr-0.7Zr	324.8	295.9	8.8		
8Fe-3Ni-3Cr	340.5	328.7	3.6		

【0048】

【表6】

800°C	引張強度 MPa	0.2%耐力 MPa	伸び %	30	
				実施例	比較例
1Fe-1Ni-2Cr	172.5	149.1	11.3		
2Fe-2Ni-3Cr	209.8	174.5	20.3		
3Fe-3Ni	114.2	128.8	24.4		
3Fe-3Ni-3Cr	221.0	195.2	12.9		
3Fe-3Ni-4.5Cr	237.7	211.1	8.9		
5Fe-5Ni-6Cr	325.4	274.4	4.6		
3Fe-3Ni-3Cr-0.7Zr	240.1	222.6	11.1		
8Fe-3Ni-3Cr	299.0	271.2	4.3		

* 【0049】以上の結果より、本発明アルミニウム合金は、成形性が良好であり、室温から300°Cの温度範囲において優れた強度、延性等を示し、室温での耐衝撃性にも優れることがわかる。

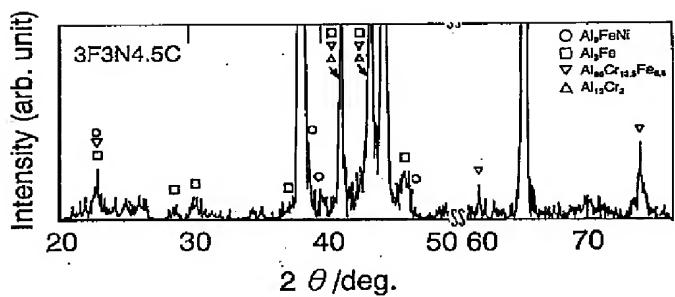
【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の焼結体におけるX線回折分析の結果を示す図である。

20

* 40

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 楠井 潤
大阪府大阪市中央区久太郎町三丁目6番8
号 東洋アルミニウム株式会社内

(72)発明者 久保 幸平
大阪府大阪市中央区久太郎町三丁目6番8
号 東洋アルミニウム株式会社内
(72)発明者 松木 賢司
富山県富山市五福3190